

Examined patent application publication No. JP06-009546B  
(Patent No. JP1891534C)

English version downloaded from JPO web site

\* NOTICES \*

**JPO and NCIPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] b) Digitize the pattern of pulse wave and/or electrocardio wave which were extracted by a test subject's pulse wave and/or electrocardio sensor with which a body surface can be equipped, and R0 above-mentioned sensor with an A/D converter. An operation means to project the chaos attractor which embedded the discrete data which is the digitized numeric value in the number space which is a virtual space which \*\*\*\*\* (ed) by mathematical actuation by the pad technique of TAKENSU on two-dimensional number space, Ha -- with an operation means to compute the rear PUNOFU characteristic which is the numeric value which indicated as the characteristic extent of the sharp dependency over the initial value which is one of the descriptions of chaos to be a display means to display projection of this two-dimensional number space from the NI above-mentioned chaos attractor Diagnostic equipment using the pulse wave and/or heartbeat which were extracted from the body surface characterized by providing a display means to display the HO above-mentioned rear PUNOFU characteristic, and a storage means to memorize the

HE above-mentioned discrete data and/or a rear PUNOFU characteristic.

[Claim 2] The above-mentioned pulse wave sensor The covering section of the shape of a cylinder like object with base which can insert a test subject's finger tip section, The infrared-emitting diode and photo transistor of this covering section which can contact an inside at the finger pad section of the above-mentioned finger tip section, respectively are arranged. Diagnostic equipment using the pulse wave and/or heartbeat which were extracted from the body surface according to claim 1 characterized by constituting from photosensor which made the optical axis of an infrared-emitting diode and a photo transistor cross at the include angle of 20 degrees - 30 degrees in the interior of the finger tip section.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

**JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

#### DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

(b) Field-of-the-invention this invention on industry relates to the diagnostic equipment using the pulse wave and/or heartbeat which were extracted from the body surface.

(b) Diagnosing the abnormalities of mind and body etc. by progress of an electronics technique conventionally [ Prior-art ] based on electric measurement results, such as an electroencephalogram and an electrocardiogram, is performed.

(c) It is not performed that current discovers the order by which a medical practitioner observing the above-mentioned electroencephalogram, an electrocardiogram, etc., and drawing a diagnosis is only performed, carried out data processing of the above-mentioned measurement data, and endocyst was carried out to these data, draws a certain conclusion from this order, and Object of the Invention and time derive a diagnosis from the conclusion.

(d) In The means for solving a technical problem this invention The pattern of pulse wave and/or electrocardio wave which were extracted by a test subject's pulse wave and/or electrocardio sensor with which a body surface can be equipped, and above-mentioned sensor are digitized with an A/D converter. An operation means to project the chaos attractor which embedded the discrete data which is the digitized numeric value in the number space which is a virtual space which \*\*\*\*\* (ed) by mathematical actuation by the pad technique of TAKENSU on two-dimensional number space, An operation means to compute the rear PUNOFU characteristic which is the numeric value which indicated as the characteristic extent of the sharp dependency over the initial value which is one of the descriptions of chaos to be a display means to display projection of this two-dimensional number space from the above-mentioned chaos attractor, Let diagnostic equipment using the pulse wave and/or heartbeat which were extracted from the body surface characterized by providing a display means to display the above-mentioned rear PUNOFU characteristic, and a storage means to memorize the above-mentioned discrete data and/or a rear PUNOFU characteristic be an offer plug. Moreover, it has the description also in having arranged the covering section of the shape of a cylinder like object with base which can insert a test subject's finger tip section, and the infrared-emitting diode and photo transistor which can contact the inside of this covering section at the finger pad section of the above-mentioned finger tip section, respectively for the above-mentioned pulse wave sensor, and

having constituted from photosensor which made the optical axis of an infrared-emitting diode and a photo transistor cross at the include angle of 20 degrees - 30 degrees in the interior of the finger tip section.

(e) If an operation and effectiveness \*\*\*\*, and chaos are explained, it will set to this invention. The confusion used as contrasted with the cosmos which is an integrated object with orderly chaos, Although mean the integrated object which may also contain the above-mentioned cosmos unlike anti-order, it has a regulation and principle nature, it is mathematical and the concept defined clearly physically and the principle itself follows the causality Future prediction of a result is the phenomenon without \*\*\*\*\* which becomes indefinite in a probability.

That is, in spite of being deterministic, it is the phenomenon in which few errors are amplified under nonlinear effect and become \*\*\*\*\* in fact, and run DAMUNESU generated deterministically is chaos.

Therefore, chaos shows whether it was supposed conventionally that it will not be caught probable and that the becoming phenomenon can predict for the purpose of the ability to derive the order structure while showing that there is a fundamental limitation in predictability.

Moreover, it is the mathematical structure object which the behavior of the system which called the chaos attractor the topology by which the long-term behavior of chaos is characterized, and generated chaos converges.

The result of having analyzed the pulse wave and/or electrocardio data point which were extracted from the body surface from this viewpoint, The chaos attractor which embedded the data of the pulse wave which these belong to the above-mentioned chaos, and belongs to the phenomenon which can predict a pulse wave and/or an electrocardio data point, therefore was especially extracted from the finger tip section in number space, The rear PUNOFU characteristic which shows extent of the sharp dependency over the initial value which is

one of the descriptions of chaos, i.e., an initial value dependency, discovered that it was closely related to the information processing within a brain of a test subject. It can display with display means, such as CRT, by embedding the pulse wave and/or electrocardio data point which were extracted from the body surface by the pad technique of TAKENSU in 4 number-of-dimension space based on this knowledge, projecting this on the number space of three dimensions, and subsequently to two-dimensional number space projecting it. Moreover, it can consider as the data of a diagnosis by carrying out data processing of the above-mentioned chaos attractor, and asking for a rear PUNOFU characteristic.

thus -- between the chaos attractor and/or rear PUNOFU characteristic which were displayed, and a test subject's conditions -- the -- the [ 8a Fig. - ] -- since there is correspondence as shown in 11b Fig., the condition of mind and body including a test subject's mental condition can be grasped correctly.

Moreover, it is considered to be based on the following reasons that there is relation with the as close pulse wave data extracted from the finger tip section as the information processing within a brain.

The blood flow and the autonomic nerve are concentrating on the digitio-manus cusped part.

Moreover, if a hand is called 2nd brain and seen embryologically, it has relation with close hand and brain -- cerebral development and development of a hand are performed in synchronization.

The rate of the area of the hand (finger tip section) occupied to a cerebral somatosensory area and the motor area is very large.

Moreover, the covering section of the shape of a cylinder like object with base which can insert a test subject's finger tip section, and the infrared-emitting diode and photo transistor which can contact the inside of this covering section at the finger pad section of the above-mentioned finger tip section,

respectively are arranged. By having made the optical axis of an infrared-emitting diode and a photo transistor cross at the include angle of 20 degrees - 30 degrees in the interior of the finger tip section The wave-like electrical potential difference which corresponded to the pulse wave of the finger tip section correctly can be made to output from this sensor by reflecting the infrared radiation on which it was projected from the infrared-emitting diode inside the fingertip section, and carrying out incidence of this to a photo transistor, covering outdoor daylight by the covering section.

(\*\*) Explain the example of example this invention with reference to an attached drawing.

Fig. 1 shows diagnostic equipment (A) and this diagnostic equipment consists of a CRT display (6) as the small computer (5) as a pulse wave sensor (1), an electrocardiograph (2), an operational amplifier (3), an A/D converter (4), an operation means, and a storage means, and a display means and a printer (7), and a power source (8) that supplies power to these. It is for equipping a test subject's finger tip section with a pulse wave sensor (1), and extracting a pulse wave from this finger tip section. As shown in Fig. 2 , it consists of flexible and the photosensors (14) formed in the inside of the covering section (12) which forms the material which has protection-from-light nature in the shape of a cylinder like object with base, and enabled it to insert a test subject's finger tip section (11), and this covering section (12), such as black sponge rubber.

Photosensor (14) is attached in the inside of the covering section (12). It consists of the infrared-emitting diodes (15) and photo transistors (16) whose contact was enabled respectively at the finger pad section (13) of a test subject's finger tip section (11). The optical axis (15a) (16a) of an infrared-emitting diode (15) and a photo transistor (16) inside the finger tip section (11) By reflecting infrared radiation with a wavelength of 940nm which was made to cross at the include angle of 20 degrees - 30 degrees, and was projected from the

infrared-emitting diode (15) inside the above-mentioned finger tip section (11), and carrying out incidence of this reflected light to a photo transistor (16). The pulse wave in a test subject's finger tip section (11) can be measured, and this can be outputted as an electrical potential difference.

In addition, the point of an infrared-emitting diode (15) and a photo transistor (16) is equipped with the convex lens, respectively. (17) is a regulated power supply.

Fig. 3 is a circuit diagram of photosensor (14).

The pulse wave sensor (1) is constituted as mentioned above, about the covering section (12) with which a test subject's finger tip section (11) is equipped, they are flexible and having formed in the shape of a cylinder like object with base for the material which has protection-from-light nature, the attachment and detachment to the finger tip section (11) are easy for it, and there is no effect of outdoor daylight in measurement of a pulse wave, it stabilizes the stowed position of photosensor (14), and can measure a pulse wave correctly. An operational amplifier (3) amplifies the output voltage of the above-mentioned photosensor (14) and an electrocardiograph (2) with an amplification factor respectively fixed to accuracy, and outputs it to the following A/D converter (4).

Whenever it changes the output voltage of an operational amplifier (3) into a 12-bit digital signal, it outputs to the following small computer (5) as a pulse wave or discrete data of an electrocardio wave and the output request signal from a small computer (5) is inputted into this A/D converter (4), he is trying for an A/D converter (4) to output the above-mentioned digital signal.

The small computer (5) has the various calculation functions explained below, the function which outputs the result of an operation etc. to a CRT display (6) and a printer (7), the pulse wave and/or the discrete data of an electrocardio wave which were inputted from the A/D converter (4), and the function to memorize the result of the above-mentioned operation etc.

First, the overall procedure of a small computer (5) is

explained with reference to Fig. 4 .

If a small computer (5) is started (100), initialization (101) is performed first and set up the direction of a look of 4 number-of-dimension space mentioned later (102), and will compute beforehand the constant frequently used for the various operations of discrete data processing of a pulse wave and/or a heartbeat, it will be made to memorize (103), a CRT display (6) will be opened (104), and a menu will be displayed (105). The power-on sequence which receives the power-on response from an A/D converter (4), and changes diagnostic equipment (A) into an usable condition as shown to a menu in Fig. 5 (107), The clearance (108) of a chaos attractor viewing window, zoom-in which enlarges a chaos attractor display size (109), The zoom out (110) which makes a chaos attractor display size small, the pulse wave (111) which displays data in a window as it is settled [ wave ], preservation (112) of data, and reading of the saved data, The display (116) of the chaos attractor of the data, rotation of the chaos attractor by the direction modification of a look of 4 number-of-dimension space (113) (in addition) Three patterns of include angles which the pulse wave and/or the shell size of an electrocardio wave which were discovered by the trial to current tend to grasp are registered. The discrete data of the pulse wave of 10000 points and/or a heartbeat are collected with the sampling period of 200Hz which enables it to specify these easily. There are degree data (114) drawn on a window as a chaos attractor, END (115) which terminates actuation of diagnostic equipment (A).

Next, the operation for a chaos attractor display is explained taking the case of a pulse wave. In addition, processing of an electrocardio wave is the same as that of the case of a pattern of pulse wave.

Fig. 6 shows the outline of the above-mentioned operation, disassembles a pattern of pulse wave into 12 bits with the sampling period of 200Hz, creates discrete data (120), embeds 4 number-of-dimension \*\*\*\*\* for this discrete data by the pad technique of TAKENSU, and creates a chaos attractor (121).

The chaos attractor of 4 number-of-dimension space is projected on the number space of three dimensions (122).

The chaos attractor projected on the number space of three dimensions is projected on two-dimensional number space, and it outputs to a screen (123). It is carried out in the sequence to say.

In addition, calling a menu during the above-mentioned operation, rotating a chaos attractor, and enabling it to see from the direction of arbitration, expansion of a chaos attractor, contraction and preservation of discrete data, reading of the saved discrete data, and the display of the chaos attractor computed from the discrete data are possible.

Moreover, in order to raise operation speed, the discrete data from an A/D converter (4) is used as integer type, and the constant frequently used for the above-mentioned operation is computed beforehand, and is made to memorize.

In addition, in the above-mentioned operation, embedding discrete data by the pad technique of TAKENSU in 4 number-of-dimension space The numeric value in the time of there being discrete data inputted into a small computer (5) one after another is made into the numeric value X of the 1st shaft. From this time, the numeric value Z of the 3rd shaft, and the 30th numeric value for the numeric value Y of the 2nd shaft, and the 20th numeric value (if it considers as the fixed spacing  $\tau = 10$ ) as a numeric value W of the 4th shaft [ the 10th numeric value ] A 4-dimensional vector is made to form for these numeric values, and it does in this way. The following vector The 1st piece, It is forming for the 11th piece, the 21st piece, and the 31st numeric value X, Y, Z, and W, and forming the chaos attractor computed from the discrete data by the vector of a large number created in this way in 4 number-of-dimension space.

And in order to make unit-vector  $n_1 = (n_1, n_2, n_3, n_4)$  of the visual direction of 4 number-of-dimension space in agreement with the 4th shaft, the next matrix count is performed and each vector (X, Y, Z, W) is changed into (X', Y', Z', W').

By the way, since the chaos attractor formed in 4 number-of-dimension space cannot be displayed as a graphic form with a CRT display (6), it performs the next matrix count and computes coordinate  $X''$  of the projecting point to the number space of three dimensions,  $Y''$ , and  $Z''$ .

And coordinate  $X^{**}$  which projected the coordinate of the above-mentioned number space of three dimensions on two-dimensional number space, and  $Y^{**}$  are computed by count of a degree type.

$X^{**}=Y''\cos \beta-X''\cos \alpha$   
 $Y^{**}=Z''-X''\tan \beta$ , however alpha and beta are include angles which  $x$  of the number space of three dimensions and the  $y$ -axis make with  $x$  of two-dimensional number space, and the  $y$ -axis.

Thus, coordinate  $X^{**}$  of the obtained two-dimensional number space and  $Y^{**}$  are outputted to the CRT display (6) as a display means, or a printer (7), and it is made the data of a diagnosis. Next, a rear PUNOFU characteristic is explained.

Chaos has the property for which it depends to initial value strongly. This property is called initial value dependency and the numeric value which showed extent of an initial value

dependency as the characteristic is called rear PUNOFU characteristic.

And the distance between two orbits which approached among the orbits which a chaos attractor draws can ask for this rear PUNOFU characteristic by certain calculating how much it separates, if unit time amount progress is carried out.

Next, the theoretical count approach for asking for a rear PUNOFU characteristic is explained.

As shown in Fig. 12 , the orbit used as criteria  $x(t)$   $t= \{0, 1, \text{ and } 2 \text{ --ntau}\}$ , When distance of  $y(\tau)$ , and  $x(0)$  and  $y(0)$  is set to  $d(0)$  for the previous point which progressed the orbit in which  $y(\tau)$  and  $y(0)$  exist the point which approached  $x(\tau)$  and  $x(0)$  in the previous point which progressed  $\tau$  time from  $x(0)$   $\tau$  time from  $y(t)$  and  $y(0)$ , The distance  $d(\tau)$  of  $x(\tau)$  and  $y(\tau)$  can be expressed with a degree type.  $d(\tau) = d(0) \text{ elambda}^\tau$  the numeric value lambda as which the distance between the orbits which were close at first expresses expanding exponentially with time amount, and this indicated the dilation ratio of this distance to be as the characteristic is a rear PUNOFU characteristic.

And the rear PUNOFU characteristic lambda is computable by the degree type.

```
d(tau) =d(0) elambda^tau
lambda =tau=loge {d(tau)/d(0)}
```

$\lambda = \log_e \frac{d(\tau)}{d(0)} / \tau$ , next the concrete calculation approach of a rear PUNOFU characteristic based on the above-mentioned theory are explained.

Orbit  $x$  used as criteria  $(t)$  When there is  $t= \{0, 1, \text{ and } 2 \text{ --ntau}\}$ , it intersects perpendicularly with vector  $x(0)x(1)$ , and the orbit in which  $y_0(0)$  and  $y_0(0)$  exist the point which only a certain unit distance left is set to  $y_0(\tau)$ .

the distance of  $x(0)$  and  $y_0(0) = d_0(0)$  -- carrying out -- the point after  $\tau$  time amount of Point  $x(0) = x(\tau)$  and  $y =$  the point after  $\tau$  time amount of  $y(0) = y(\tau)$  -- distance of  $y(\tau)$ , and  $x(\tau)$  and  $y(\tau)$  is set to  $d(\tau)$ .

The point which exists in the same direction as a vector  $x$

(tau)y0 (tau), and only a certain unit distance left Next, y1 (0), Distance of y1 (tau), and x (2tau) andy1 (tau) is set [ the orbit in which y1 (0) exists / the distance of y1 (t) and x (tau) andy1 (0) / the point after d1 (0) and tau time amount of x (tau) ] to d1 (tau) for the point after x (2tau) and tau time amount of y1(0).

The point which exists in the same direction as a vector x (2tau)y1 (tau), and only a certain unit distance left Next, y2 (0), Distance of y2 (tau), and x (3tau) andy2 (tau) is set [ the distance of x (2tau) andy2 (0) / the point after d2 (0) and tau time amount of x (2tau) ] to d2 (tau) for the point after x (3tau) and tau time amount of y2(0).

By repeating this actuation, by the first tau time amount, in d0 (tau)/d0 (0) twice and the following tau time amount In d1 (tau)/d1 (0) twice and its following tau time amount, it turns out that the distance of x (t) orbit and a contiguity orbit is expanded, and it becomes dn-1(tau)/dn-1(0) after ntau time amount only d2 (tau)/d2 (0) twice.

Since the rear PUNOFU characteristic lambda is the average of the dilation ratio of the distance between the orbits per unit time amount, it can ask for it by the degree type.

Although the above is the calculation approach of the theoretical rear PUNOFU characteristic lambda, it is difficult the above to calculate the rear PUNOFU characteristic of the discrete data actually extracted from a test subject's body surface by this count approach.

Since the data with which the reason is used as a model of the logical rear PUNOFU characteristic count approach can be making the formula (mathematical model) defined suitably able to generate the data of chaos, therefore can take the data of continuous infinity, they can fulfill the monograph affair described below.

On the other hand, in the discrete data actually extracted from

a test subject's body surface, a data point cannot necessarily be taken in the location which number space desires, and the number of data is also limited. Therefore, although it is required for vector A' (unit vector) in the point A with 4 \*\*-dimensional vector orbit to exist in an orbital rectangular location, there is not necessarily this in the discrete data actually extracted from a test subject's body surface.

Moreover, although it is required for the following vector B" (unit vector) in a certain point B to exist in the rectangular location of the orbit in Point B, this is not necessarily surely found actually.

Moreover, although it is required for vector B' and the B-'' angle to make to be small, it is not necessarily actually small. \*\* Although the vector in each point approximated most is looked for there, if it refers only to the conditions that it is only close to B', for example, when looking for said vector B'', the vector in the next point of Point B may be taken.

\*\* Since the number of data is limited, if Point A is near the termination of a discrete data group, the following data point (point of having added tau to Point A) cannot be taken.

\*\* Although a pulse wave and/or an electrocardio wave serve as 12-bit discrete data by A/D conversion, since this is also the number of finite, the separate data point may be the same value. So, in this invention, it has set as follows [ the conditions of employment of the data point used for rear PUNOFU characteristic count ].

That is, in 4-dimensional space, a cone with the small vertical angle which placed top-most vertices on the above-mentioned orbit, and used vector B' as the center line is set up, and the vector in this cone was adopted.

Unless said vector B" is very small and is an orbital direction and the abbreviation same direction, possibility of taking the vector of the next point is avoidable with the above.

moreover -- if the include angle theta to the orbit of each vector makes the vector of (X, Y, Z, W), and an orbital direction (X', Y', Z', W') for the vector of each data

It can come out and compute and the orthogonality of a vector and an orbit can be checked by this.

Moreover, even if said vector  $B''$  is very small and is an orbital direction and the abbreviation same direction by setting up the upper limit and minimum of each absolute value of a vector, and adopting the vector which is within the limits of this, possibility of taking the vector of the next point is avoidable. In addition, the above-mentioned range can observe said chaos attractor, and convergence can set up a good value most. Thus, the elongation percentage of each taken vector is changed into the logarithm which used 2 as the bottom, and let the arithmetic mean value of this be the 1st rear PUNOFU characteristic lambda 1.

in order to perform the above-mentioned count -- the inside of a small computer (5) -- the -- the [ 7a Fig. and ] -- the program (50) shown in 7b Fig. is stored.

That is, if the operation of the rear PUNOFU characteristic lambda 1 is started, the point A used as the criteria for judging the conditions of employment of a data point near (51) and the start edge of the vector orbit of the above first will be set up (52). In addition, this point A is postponed with advance of count.

next, the case where it judges whether it is \*\*\*\* it is possible to take the following point B (only tau next point), and there are (53) and allowances -- this (53Y) point B -- as the following point -- adopting -- a data point temporary at (54) and this point B -- searching -- (55) -- if found (55Y) -- a data point temporary from the following point -- searching -- (56) and (57) which are searched from the head of discrete data if not found. Next, if the data point which carried out in this way and was found conforms to the above-mentioned conditions of employment (58Y) this data point -- adopting -- (59) -- if there is nothing (58Ns) -- the range of the magnitude of a vector in data point

conditions of employment -- updating -- (60) -- If it has not deviated from the upper limit of this range (61Ns) and has returned and deviated to the step (55) (61Y), a reference point A will be moved to the following point B, and it will return to (62) and a step (53). Thus, if it judges whether it is possible for the adopted data point for vector A' mentioned above to develop into vector B' and there are (63) and allowances (63Y), an orthogonality with the orbit of vector B' will be checked (64). In addition, at a step (63), when hard-pressed (63Ns), and when it does not lie at right angles at a step (64) (64Ns), it returns to a step (55).

By judging whether it is during the below-mentioned retry, if it is during (65) and a retry (65Y), the angle with the last vector to make will be computed. And when (66) and this angle are large (66L) To a step (55), return, when small (66S), and when it is not during a retry at said step (65) (65Ns), vector B' is decided as a vector into which it developed from vector A' (67).

And Point A and vector A' are made to memorize for a retry (68). In addition, an operation will be terminated if allowances to take the following point at a step (53) are lost on the occasion of the terminal of an operation (53Ns) (E).

next -- if (70) and this vector B" do not conform to data point conditions of employment in search of temporary vector B" in Point B (71Ns) -- the range of the magnitude of a vector of the above-mentioned conditions -- updating -- (72) -- if it has still deviated from the upper limit (73Y), a retry flag will be set and it will return to (74) and a step (55).

Moreover, if it has not deviated from the upper limit at a step (73) (73Ns), it returns to a step (70).

And if there is vector B" which suited data point conditions of employment at the step (71) (71Y) a \*\*\*\*\* [ that this vector B" lies at right angles to an orbit ] -- judging -- (75), if it does not lie at right angles (75Ns) Each [ return and / when it lies at right angles (75Y) / in Point B ] vector B', and the include angle of B" to make are computed to a step (70). (76),

It judges whether B" is contained whether this include angle is fully small and in the above-mentioned cone. When (77) and an include angle are not small (77Ns) Return and when small (77Y), the elongation percentage from vector A' by having moved to Point B from Point A to vector B' is changed into the logarithm which used 2 as the bottom, and it considers as the 1st rear PUNOFU characteristic lambda 1 by making (78) and this numeric value into the arithmetic mean at a step (70) (79). It judges whether the point B which is carrying out current count is the termination of discrete data. And (80), If it is not termination (80Ns), the above-mentioned point B will be substituted for the reference point (equivalent to the aforementioned point A) of count next time. (81), Vector B" is changed into a unit vector, and it substitutes for the criteria vector (equivalent to aforementioned vector B') of count next time. (82), Point B and vector B' are made to memorize for a retry, and the next point of (83) and Point B is computed. (84), The coordinate for the rectangular check of the vector which computes the vector into which it developed from the criteria vector of the computed following point, and is used in count (85) and next time is updated, and return and the above-mentioned count are repeated to (86) and a step (70). In addition, an operation will be terminated if Point B is judged to be the termination of discrete data at a step (80) (80Y) (E). That is, the reference point which suits data point conditions of employment with reference to vector B' in the following point is mainly searched with step (52) - (68). Step (70) He is trying to search with - (77) the developed vector which suits these conditions. As mentioned above By setting up the conditions of employment of the data point to adopt, and searching the data point which suited this condition When it prevents that a disqualified data point is included in count and a proper data point moreover is not found The data point retrieval in the point is not abandoned, but the setting range of the magnitude of a vector of conditions of employment is extended and searched, it is having adopted the second best data

point, and the 1st rear PUNOFU characteristic lambda 1 can be computed in a high precision.

Next, count of the 2nd rear PUNOFU characteristic lambda 2 is explained.

Are the same as count of the 1st rear PUNOFU characteristic lambda 1 which also mentioned above fundamentally count of the 2nd rear PUNOFU characteristic lambda 2. Take the vector A2 and A3 which suited data point conditions of employment in the point A1, and triangle A1-A2-A3 is formed in 4 number-of-dimension space. Next, form triangle B1-B-2-B3 by vector B-2 into which a vector A2 and A3 developed by the following point B1, and B3, and triangle B1-B'-B" is formed by proper vector B' newly further taken with the point B1, and B". When triangle B1-B-2-B3 and the triangle B1-B'-B" include angle to make are small enough, The elongation percentage of the area from triangle A1-A2-A3 to triangle B1-B-2-B3 is computed, this is changed into the logarithm which used 2 as the bottom, and the 2nd rear PUNOFU characteristic lambda 2 is computed by carrying out the arithmetic mean of this numeric value.

In addition, the include angle which three square shapes each make had the include angle which vector B-2, the synthetic vector of B3, and vector B' and a B"- synthetic vector make, and made it the include angle which the above-mentioned triangle makes.

Next, correspondence with a chaos attractor and a rear PUNOFU characteristic, and a test subject's condition is explained. the -- the chaos attractor of the pulse wave data in the condition that a certain test subject (Mr. [ H ], a male, and health) relaxes 8a Fig. -- it is -- the -- 8b Fig. is a thing in the condition that this test subject is reading a book (magazine) .

Although the graphic form of a chaos attractor tends to contract and contraction of the width of face of the direction of the upper right-lower left is slight like reading when information processing within a brain is performed actively if both the above-mentioned drawings are compared, contraction of the

width of face of the direction of the upper left-lower right is remarkable.

Moreover, the spiral partial structure of the upper right part of a chaos attractor is dense clearly compared with the time of a relaxation.

the -- 9a Fig., when another test subject (Mr. [ K ], a woman, and health) relaxes the -- 9b Fig. -- the [ reading (mathematical text) and ] -- 9c Fig., while reading a book (book of comics) The 9thd Fig. is the chaos attractor of the pulse wave data when looking at the beautiful picture vacantly, the magnitude of a graphic form has a small time of looking at the time of relaxing, and the beautiful picture, and the time of reading a book is large.

However, in the time of reading the mathematical text, and the time of reading the book of comics, the latter graphic form is smaller and the existence of a test subject's interest shows that a difference is in extent of consciousness concentration. as for the two above-mentioned examples, in common with both, the information processing within a brain becomes active for a test subject with healthy both -- alike -- following -- partial structure -- \*--> -- the thing to which it becomes dense and concentration of consciousness becomes high and which it is alike, and it follows and a graphic form reduces hears. Moreover, it is thought that they have semantics with the same test subject's larger change of state than the comparison between test subjects since few differences and constructional details of magnitude of a graphic form can consider individual difference.

Moreover, it corresponds as well as the result which is small as it becomes small as, as for the 1st rear PUNOFU characteristic lambda 1, concentration of consciousness becomes high, although the rear PUNOFU characteristic is indicated in the lower part of a drawing, respectively, and, as for the 2nd rear PUNOFU characteristic lambda 2, the information processing within a brain becomes active, and was obtained from the chaos attractor of the above [ case / of a

healthy test subject ].

the -- the [ before the therapy of Mr. S in whom 10a Fig. has the clinical recording of neurosis, and ] -- the [ under the therapy to 10b Fig., and ] -- 10c Fig. shows the chaos attractor in a relaxed state after recovery by the therapy, the graphic form before a therapy is extremely small, a graphic form expands after recovery and it serves as Doshisha University mostly with the health person. Moreover, spiral partial structure moves to upper right direction, and is carrying out the lap to the edge of a graphic form, and the difference of therapy before and the recovery back is clear.

The 1st rear PUNOFU characteristic lambda 1 is larger than therapy before, although therapy before is small, it becomes large during a therapy and after recovery is smaller than under a therapy.

In addition, Morita psychotherapy is used for the therapy of the above-mentioned neurosis. Fixed time amount hold of the patient is carried out in the silent room where this cure is dark, and it is carried out by intercepting the stimulus from the external world in the meantime.

It is thought that the symptom of neurosis would be presented to it since consciousness concentrated too much when extrapolating transition of the above-mentioned 1st rear PUNOFU characteristic lambda 1 at the conclusion obtained by the health person.

although the 2nd rear PUNOFU characteristic lambda 2 is maintaining the same level a therapy front and during the therapy, after recovery is small and \*\* whose information processing within a brain was not active shows that information processing within a brain came to be actively performed after recovery a therapy front and during the therapy.

the -- 11a Fig. -- the [ a health person and ] -- 11b Fig. is the chaos attractor of the electrocardio data point extracted with the electrocardiograph (2) from the heart disease patient under arrhythmia therapy at present, and both are the things of a relaxed state.

To being an abbreviation bow configuration with the profile clear when both graphic form is compared to which a health person's graphic form serves as a hand extended on all sides from the node from two loop formations, a configuration becomes complicated and, as for a heart disease patient's thing, the structure of upper left direction is confused especially.

By reference, with  $2.9^{**}0.1$ , a health person's 1st rear PUNOFU characteristic lambda 1 is small, and corresponds as well as the structure of a graphic form.

The pulse wave data of the test subject who extracted with the pulse wave sensor (1) and the electrocardiograph (2) as mentioned above in this example, respectively, and an electrocardio data point to a pulse wave, and the chaos attractor of a heartbeat, By computing the 1st and 2nd rear PUNOFU characteristics lambda1 and lambda2, and displaying on a CRT display It is possible to diagnose the condition of mind and body including a test subject's state of mind. The very objective diagnosis which extracts order from the above-mentioned data which are visible to random apparently especially logically, and does not have a difference by the difference in a diagnostic person since the chaos attractor and rear PUNOFU characteristic which show the condition of mind and body based on this order are expressed can be drawn.

In addition, since convergence of the chaos attractor mentioned above and the 1st and 2nd rear PUNOFU characteristics lambda1 and lambda2 correspond well, it has proved that the method of calculating the 1st and 2nd rear PUNOFU characteristics lambda1 and lambda2 in this example is proper.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

#### DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

##### [Brief Description of the Drawings]

The explanatory view showing the configuration of the diagnostic equipment which Fig. 1 requires for this invention, the cross-section explanatory view showing [ 2 ] the structure of a pulse wave sensor, The explanatory view showing [ 3 ] the overall procedure of a pulse wave and an electrocardio data point, as for the circuit diagram of photosensor, and Fig. 4 , Fig. 5 the explanatory view of a menu, and Fig. 6 The explanatory view of the operation procedure for a chaos attractor display, the -- the [ 7a Fig. and ] -- the [ the flow chart of data processing with which 7b Fig. asks for a rear PUNOFU characteristic, and ] -- the [ 8a Fig. - ] -- 10c Fig. -- the [ the chaos attractor of a pulse wave, and ] -- the [ 11a Fig. and ] -- 11b Fig. is the chaos attractor of an electrocardio data point, and Fig. 12 is an explanatory view of rear PUNOFU characteristic count.

(A) : Diagnostic equipment

(1) : Pulse wave sensor

(2) : Electrocardiograph

(5) : Small computer (an operation means, storage means)

(6) : CRT display (display means)

(11) : Finger tip section

(14) : Photosensor

(15) : Infrared-emitting diode

(16) : Photo transistor

[Translation done.]

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 61 B	5/0245			
	5/0452			
		8932-4C	A 61 B 5/02	310 Z
		8119-4C	5/04	312 U

請求項の数 2(全 23 頁)

(21)出願番号	特願平2-340635	(71)出願人	999999999 株式会社コンピュータコンピニエンス 福岡県福岡市博多区博多駅前3丁目6番1 号 小森ビル
(22)出願日	平成2年(1990)11月30日	(72)発明者	田原 孝 福岡県福岡市南区平和2丁目12-1-507
(65)公開番号	特開平4-208136	(72)発明者	津田 一郎 福岡県飯塚市大字目尾190-7
(43)公開日	平成4年(1992)7月29日	(72)発明者	岩永 浩明 福岡県福岡市東区箱崎4丁目33-13-106
		(72)発明者	野藤 泰昇 福岡県北九州市門司区下二十町4番3-401号
		(74)代理人	弁理士 松尾 憲一郎
		審査官	國島 明弘

## (54)【発明の名称】 体表面から採取した脈波及び／又は心拍を用いる診断装置

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】イ) 被験者の体表面に装着可能な脈波及び／又は心電センサと、  
ロ) 上記センサで採取した脈波波形及び／又は心電波形をA/D変換器によりデジタル化し、そのデジタル化した数値である離散データをターケンスの埋込み手法により数学的な操作で創り出した仮想空間である数空間に埋込んだカオスアトラクターを2次元数空間に投影する演算手段と、  
ハ) この2次元数空間の投影を表示する表示手段と、  
ニ) 上記カオスアトラクターよりカオスの特徴の1つである初期値に対する鋭敏な依存性の程度を指標で示した数値であるリップノフ指数を算出する演算手段と、  
ホ) 上記リップノフ指数を表示する表示手段と、  
ヘ) 上記離散データ及び／又はリップノフ指数を記憶す

2

る記憶手段とを具備することを特徴とする体表面から採取した脈波及び／又は心拍を用いる診断装置。

【請求項2】上記脈波センサを、被験者の指尖部を挿入可能な有底筒状のカバー部と、同カバー部の内面に、上記指尖部の指腹部にそれぞれ当接可能の赤外線発光ダイオードとフォトトランジスタとを配設して、赤外線発光ダイオードとフォトトランジスタとの光軸を指尖部の内部において20°～30°の角度で交差させたフォトセンサとで構成したことを特徴とする請求項1記載の体表面から採取した脈波及び／又は心拍を用いる診断装置。

## 【発明の詳細な説明】

## (イ) 産業上の利用分野

本発明は、体表面から採取した脈波及び／又は心拍を用いる診断装置に関するものである。

## (ロ) 従来の技術

10

従来、エレクトロニクス技術の進展により、脳波図や心電図等の電気的な計測結果に基づいて心身の異常等を診断することが行われている。

(ハ) 発明が解決しようとする課題

ところが、現在は、上記脳波図や心電図等を医師が観察して診断を下すことが行われているだけであり、上記の計測データを演算処理して、同データに内包された秩序を発見し、同秩序から何等かの結論を導出して、その結論から診断を導出するということは行われていない。

(ニ) 課題を解決するための手段

本発明では、被験者の体表面に装着可能な脈波及び／又は心電センサと、上記センサで採取した脈波波形及び／又は心電波形をA/D変換器によりデジタル化し、そのデジタル化した数値である離散データをターケンスの埋込み手法により数学的な操作で創り出した仮想空間である数空間に埋込んだカオスアトラクターを2次元数空間に投影する演算手段と、この2次元数空間の投影を表示する表示手段と、上記カオスアトラクターよりカオスの特徴の1つである初期値に対する鋭敏な依存性の程度を指

数で示した数値であるリアノフ指数を算出する演算手段と、上記リアノフ指数を表示する表示手段と、上記離散データ及び／又はリアノフ指数を記憶する記憶手段とを具備することを特徴とする体表面から採取した脈波及び／又は心拍を用いる診断装置を提供せんとするものである。

また、上記脈波センサを、被験者の指尖部を挿入可能な有底筒状のカバー部と、同カバー部の内面に、上記指尖部の指腹部にそれぞれ当接可能の赤外線発光ダイオードとフォトトランジスタとを配設して、赤外線発光ダイオードとフォトトランジスタとの光軸を指尖部の内部において $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の角度で交差させたフォトセンサとで構成したことにも特徴を有する。

(ホ) 作用・効果

まず、カオスについて説明すると、本発明において、カオスとは秩序ある統合体であるコスモスと対比して使われる混沌、反秩序とは異なり、上記コスモスをも含みうる統合体を意味するものであり、規則や法則性を有し、数学的、物理学的に明確に定義された概念であり、法則自体が因果律に従っているにもかかわらず、結果の将来の予測が確率では捉らえられない不確定になる現象である。

すなわち、決定論的であるにもかかわらず、実際には僅かな誤差が、非線形的な影響下で増幅され予測不可能になる現象であり、決定論的に生成されるランダムネスがカオスである。

したがって、カオスは、予測可能性には基本的限界があることを示すと共に、従来、確率的にしか捉えられないとされていたかなりの現象が、秩序構造体を導出できるという意味で予測可能であることを示している。

また、カオスの長期的挙動を特徴づけるトポロジーをカ

オスアトラクターといい、カオスを生成したシステムの挙動が収束する数学的構造体である。

かかる観点に立って、体表面から採取した脈波及び／又は心電波形データを解析した結果、これらは上記カオスに属するものであり、したがって、脈波及び／又は心電波形データが予測可能の現象に属しており、特に指尖部から採取した脈波のデータを数空間に埋めこんだカオスアトラクターと、カオスの特徴の一つである初期値にたいする鋭敏な依存性、すなわち、初期値依存性の程度を

10 示すリアノフ指数とが、被験者の脳内情報処理に密接に関係していることを発見した。

かかる知見に基づいて、体表面から採取した脈波及び／又は心電波形データをターケンスの埋込み手法により4次元数空間に埋め込み、これを3次元数空間に投影し、次いで2次元数空間に投影することにより、CRT等の表示手段によって表示することができる。

また、上記カオスアトラクターを演算処理して、リアノフ指数を求めるこにより、診断の資料とすることができます。

20 このようにして表示されたカオスアトラクター及び／又はリアノフ指数と、被験者の状態との間には、第8a図～第11b図で示すような対応があることから、被験者の心理的状態を含む心身の状態を正確に把握することができる。

また、指尖部から採取した脈波データが脳内情報処理と密接な関係があるのは、次のような理由によるものと考えられる。

手の指尖部には、血流と自律神経とが集中している。

また、手は第2の脳といわれ、発生学的に見ると、脳の発達と手の発達とが同時進行的に行われるなど、手と脳とは密接な関係を有している。

脳の体性感覚野、運動野に占める手（指尖部）の面積の割合が非常に大きい。

また、被験者の指尖部を挿入可能な有底筒状のカバー部と、同カバー部の内面に、上記指尖部の指腹部にそれぞれ当接可能の赤外線発光ダイオードとフォトトランジスタとを配設して、赤外線発光ダイオードとフォトトランジスタとの光軸を指尖部の内部において $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の角度で交差させたことにより、カバー部によって外光を遮蔽しながら、赤外線発光ダイオードから投射された赤外線を指尖部の内部で反射させ、これをフォトトランジスタに入射させることにより、指尖部の脈波に正確に対応した波形の電圧を同センサから出力させることができる。

40 (ヘ) 実施例

本発明の実施例を添付図を参照して説明する。

第1図は、診断装置(A)を示しており、同診断装置は脈波センサ(1)、心電計(2)、オペアンプ(3)、A/D変換器(4)、演算手段及び記憶手段としての小型コンピュータ(5)、表示手段としてのCRTディスプレイ(6)及び

リンク(7)と、これらに電力を供給する電源(8)とで構成されている。

脈波センサ(1)は、被験者の指尖部に装着して、同指尖部から脈波を採取するためのもので、第2図で示すように、黒色スポンジゴム等の柔軟かつ遮光性を有する素材を有底筒状に形成して、被験者の指尖部(11)を挿入できるようにしたカバー部(12)と、同カバー部(12)の内面に設けたフォトセンサ(14)とで構成されている。

フォトセンサ(14)はカバー部(12)の内面に取付けられており、被験者の指尖部(11)の指腹部(13)に、それぞれ直接可能とした赤外線発光ダイオード(15)とフォトトランジスタ(16)とで構成されており、赤外線発光ダイオード(15)とフォトトランジスタ(16)との光軸(15a)(16a)を指尖部(11)の内部で、20°～30°の角度で交差させており、赤外線発光ダイオード(15)から投射した波長940nmの赤外線を上記指尖部(11)の内部で反射させ、この反射光をフォトトランジスタ(16)に入射させることにより、被験者の指尖部(11)における脈波を計測し、これを電圧として出力することができる。

なお、赤外線発光ダイオード(15)とフォトトランジスタ(16)との先端部には、それぞれ、凸レンズが装着されている。(17)は安定化電源である。

第3図はフォトセンサ(14)の回路図である。

脈波センサ(1)は上記のように構成されており、被験者の指尖部(11)に装着するカバー部(12)を、柔軟かつ遮光性を有する素材で有底筒状に形成したことで、指尖部(11)への着脱が容易であり、脈波の計測に外光の影響がなく、フォトセンサ(14)の装着位置を安定させ、正確に脈波の計測を行うことができる。

オペアンプ(3)は、上記フォトセンサ(14)や心電計(2)の出力電圧をそれぞれ正確に一定の増幅率で増幅して、次のA/D変換器(4)に出力するものである。

A/D変換器(4)は、オペアンプ(3)の出力電圧を12ビットのデジタル信号に変換し、脈波や心電波形の離散データとして、次の小型コンピュータ(5)に出力するものであり、同A/D変換器(4)に小型コンピュータ(5)からの出力要求信号が入力されるたびに、上記デジタル信号を出力するようにしている。

小型コンピュータ(5)は、次に説明する各種演算機能と、演算の結果等をCRTディスプレイ(6)及びプリンタ(7)に出力する機能と、A/D変換器(4)から入力した脈波及び/又は心電波形の離散データと、上記演算の結果等を記憶する機能とを有している。

まず、小型コンピュータ(5)の全体的な処理手順を第4図を参照して説明する。

小型コンピュータ(5)をスタート(100)させると、まず初期設定(101)が行われ、後述する4次元数空間の視線方向を設定(102)し、脈波及び/又は心拍の離散データ処理の各種演算に頻繁に用いられる定数を予め算出して記憶させ(103)、CRTディスプレイ(6)をオープン(104)

して、メニューを表示させる(105)。

メニューには、第5図で示すように、A/D変換器(4)からのパワーオンレスポンスを受信して診断装置(A)を使用可能な状態にするパワーオンシーケンス(107)、カオスアトラクター表示ウインドウのクリア(108)、カオスアトラクター表示サイズを大きくするズームイン(109)、カオスアトラクター表示サイズを小さくするズームアウト(110)、データをウインドウ内に収まるようにして表示させるパルスウェーブ(111)、データの保存(112)、保存したデータの読み込みと、そのデータのカオスアトラクターの表示(116)、4次元数空間の視線方向変更によるカオスアトラクターの回転(113)（なお、現在までの試行で発見した脈波及び/又は心電波形の甲大が把握しやすい角度を3パターン登録し、これらを容易に指定できるようにしている）、200Hzのサンプリング周期で10000点の脈波及び/又は心拍の離散データを収集して、カオスアトラクターとしてウインドウ上に描く次データ(114)、診断装置(A)の作動を終了させるEND(115)等がある。

20 次に、カオスアトラクター表示のための演算について、脈波を例にとって説明する。なお、心電波形の処理も脈波波形の場合と同様である。

第6図は、上記演算の概要を示しており、脈波波形を200Hzのサンプリング周期で12ビットに分解して(120)離散データを作成し、この離散データを、ターケンスの埋込み手法で4次元数空間に埋めこんでカオスアトラクターを作成する(121)。

4次元数空間のカオスアトラクターを3次元数空間に投影する(122)。

30 3次元数空間に投影されたカオスアトラクターを2次元数空間に投影し、画面に出力する(123)。という順序で行われる。

なお、上記演算中に、メニューを呼出して、カオスアトラクターを回転させて任意の方向から見ることができるようになると、カオスアトラクターの拡大、縮小及び離散データの保存と、保存した離散データの読み込みと、その離散データから算出したカオスアトラクターの表示とが可能である。

また、演算速度を高めるために、A/D変換器(4)からの離散データを整数型とし、上記演算に頻繁に用いられる定数を予め算出して記憶させている。

なお、上記演算において、離散データをターケンスの埋込み手法で4次元数空間に埋めこむというのは、小型コンピュータ(5)に次々と入力する離散データのある時点での数値を第1の軸の数値Xとし、この時点から（例えば一定間隔 $\tau = 10$ とすれば）10個目の数値を第2の軸の数値Y、20個目の数値を第3の軸の数値Z、30個目の数値を第4の軸の数値Wとして、これらの数値で4次元のベクトルを形成させ、このようにして次のベクトルを1個目、11個目、21個目、31個目の数値

X, Y, Z, Wで形成し、こうして作成した多数のベクトルで離散データから算出したカオスアトラクターを4次元数空間内に形成することである。

そして、4次元数空間の視方向の単位ベクトル  $n = (n_1, n_2, n_3, n_4)$

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \\ W' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{n_2}{B} & -\frac{n_1}{A} & 0 & 0 \\ \frac{n_1 n_3}{A B} & \frac{n_2 n_3}{A B} & -\frac{A}{B} & 0 \\ \frac{n_1 n_4}{B} & \frac{n_2 n_4}{B} & \frac{n_3 n_4}{B} & -B \\ n_1 & n_2 & n_3 & n_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ W \end{pmatrix}$$

ところで、4次元数空間に形成されたカオスアトラクターは、CRTディスプレイ(6)では図形として表示する

$$\begin{pmatrix} X'' \\ Y'' \\ Z'' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -\frac{n_1}{n_4} \\ 0 & 1 & -\frac{n_2}{n_4} \\ 0 & 0 & 1 - \frac{n_3}{n_4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \\ W' \end{pmatrix}$$

そして、次式の計算により、上記3次元数空間の座標を2次元数空間に投影した座標  $X''', Y'''$  を算出する。

$$X''' = Y'' \cos \beta - X'' \cos \alpha$$

$$Y''' = Z'' - X''' \tan \beta$$

ただし、 $\alpha, \beta$  は3次元数空間のx, y軸が2次元数空間のx, y軸となす角度である。

このようにして得た2次元数空間の座標  $X''', Y'''$  を表示手段としてのCRTディスプレイ(6)、又はプリンタ(7)に出力して診断の資料にする。

次に、リアプノフ指数について説明する。

カオスは初期値に強く依存する性質を持っている。この性質を初期値依存性といい、初期値依存性の程度を指数で示した数値をリアプノフ指数という。

そして、このリアプノフ指数は、カオスアトラクターが描く軌道のうち、近接した2本の軌道間の距離が、ある単位時間経過すると、どの程度離れるかを計算することによって求めることができる。

次に、リアプノフ指数を求めるための理論的な計算方法について説明する。

第12図で示すように、基準となる軌道を  $x(t) t = \{0, 1, 2, \dots, n\tau\}$  、  $x(0)$  から  $\tau$  時間進んだ先の点を  $x(\tau)$  、  $x(0)$  に近接した点を  $y(\tau)$  、  $y(0)$  が存在する

軌道を  $y(t)$  、  $y(0)$  から  $\tau$  時間進んだ先の点を  $y(\tau)$  、  $x(0)$  と  $y(0)$  との距離を  $d(0)$  としたとき、  $x(\tau)$  と  $y(\tau)$  との距離  $d(\tau)$  を次式であらわすことができる。

\*  $1, n_2, n_3, n_4$  を第4の軸に一致させるために、次の行列計算を行って、各ベクトル (X, Y, Z, W) を  $(X', Y', Z', W')$  に変換する。

※ ことができないので、次の行列計算を行い3次元数空間への投影点の座標  $X'', Y'', Z''$  を算出する。

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \\ W' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -\frac{n_1}{n_4} \\ 0 & 1 & -\frac{n_2}{n_4} \\ 0 & 0 & 1 - \frac{n_3}{n_4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X'' \\ Y'' \\ Z'' \end{pmatrix}$$

$$d(\tau) = d(0)e^{\lambda\tau}$$

これは、最初近接していた軌道間の距離が時間とともに指數関数的に拡大することをあらわしており、この距離の拡大率を指數で示した数値  $\lambda$  がリアプノフ指數である。

30 そして、リアプノフ指數  $\lambda$  は次式で算出することができる。

$$d(\tau) = d(0)e^{\lambda\tau}$$

$$e^{\lambda\tau} = d(\tau)/d(0)$$

$$\lambda\tau = \log_e \{d(\tau)/d(0)\}$$

$$\lambda = \log_e \{d(\tau)/d(0)\}/\tau$$

次に、上記理論に基づくリアプノフ指數の具体的な算出方法を説明する。

基準となる軌道  $x(t) t = \{0, 1, 2, \dots, n\tau\}$  があるとき、ベクトル  $x(0)x(1)$  に直交し、ある単位距離だけ離れた点を  $y_0(0)$  、  $y_0(0)$  が存在する軌道を  $y_0(t)$  とする。

$x(0)$  と  $y_0(0)$  との距離を  $d_0(0)$  とし、点  $x(0)$  の  $\tau$  時間後の点を  $x(\tau)$  、  $y_0(0)$  の  $\tau$  時間後の点を  $y_0(\tau)$  、  $x(\tau)$  と  $y_0(\tau)$  との距離を  $d(\tau)$  とする。

次に、ベクトル  $x(\tau) y_0(\tau)$  と同じ方向にあり、ある単位距離だけ離れた点を  $y_1(0)$  、  $y_1(0)$  が存在する軌道を  $y_1(t)$  、  $x(\tau)$  と  $y_1(\tau)$  との距離を  $d_1(0)$  、  $x(\tau)$  の  $\tau$  時間後の点を  $x(2\tau)$  、  $y_1(0)$  の  $\tau$  時間後の点を  $y_1(\tau)$  、  $x(2\tau)$  と  $y_1(\tau)$

50 の  $\tau$  時間後の点を  $y_1(2\tau)$  、  $x(2\tau)$  と  $y_1(2\tau)$

との距離を  $d_1(\tau)$  とする。

次に、ベクトル  $x(2\tau)$   $y_1(\tau)$  と同じ方向にあり、ある単位距離だけ離れた点を  $y_2(0)$ 、 $x(2\tau)$  と  $y_2(0)$  との距離を  $d_2(0)$ 、 $x(2\tau)$  の  $\tau$  時間後の点を  $x(3\tau)$ 、 $y_2(0)$  の  $\tau$  時間後の点を  $y_2(\tau)$ 、 $x(3\tau)$  と  $y_2(\tau)$  の距離を  $d_2(\tau)$  とする。

この操作を繰り返すことによって、最初の  $\tau$  時間では  $d_0(\tau) / d_0(0)$  倍、次の  $\tau$  時間では、 $d_1(\tau) / d_1(0)$  倍、その次の  $\tau$  時間では、 $d_2(\tau) / d_2(0)$  倍だけ  $x(t)$  軌道と近接軌道の距離が拡大しており、 $n\tau$  時間後には

$d_{n-1}(\tau) / d_{n-1}(0)$  となることがわかる。

リアプノフ指数  $\lambda$  は単位時間あたりの軌道間の距離の拡大率の平均であるから、次式で求めることができる。

$$\lambda = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n\tau} \sum_{i=0}^{n-1} \frac{|d_i(\tau)|}{|d_i(0)|}$$

上記は、理論的なリアプノフ指数  $\lambda$  の算出方法であるが、この計算方法では、現実に被験者の体表面から採取した離散データのリアプノフ指数を計算することは困難である。

その理由は、論理的リアプノフ指数計算方法のモデルとして用いられるデータは、適宜に定めた公式（数学モデル）によってカオスのデータを生成させており、したがって、連続的な無限のデータをとることができるので、次に述べる各条件を満すことができる。

これに対し、現実に被験者の体表面から採取した離散データでは、必ずしも数空間の望む位置にデータ点をとれるとは限らないし、データ数も有限である。そのため、① 4 次元ベクトル軌道のある点 A におけるベクトル A'（単位ベクトル）が軌道の直交位置に存在することが必

$$\cos \theta = \frac{XX' + YY' + ZZ' + WW'}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2 + W^2} \sqrt{X'^2 + Y'^2 + Z'^2 + W'^2}}$$

で算出することができ、これによってベクトルと軌道の直交性をチェックすることができる。

また、各ベクトルの絶対値の上限と下限とを設定して、この範囲内にあるベクトルを採用するようにすることによって、前記ベクトル B'' が非常に小さくて、軌道方向と略同一方向であっても、隣の点のベクトルを取る可能性を回避することができる。

なお、上記範囲は前記カオスアトラクターを観察して、最も収束がよい値を設定することができる。

このようにしてとった各ベクトルの伸び率を 2 を底とした対数に変換し、これの算術平均値を第 1 リアプノフ指数  $\lambda_1$  とする。

上記の計算を実行するために、小型コンピュータ(5)内に、第 7 a 図と第 7 b 図で示すプログラム(50)を格納している。

\* 要であるが、現実に被験者の体表面から採取した離散データでは、必ずしもこれがあるとは限らない。

また、ある点 B における次のベクトル B''（単位ベクトル）が、点 B における軌道の直交位置に存在することが必要であるが、現実にはこれが必ず見つかるとは限らない。

また、ベクトル B' と B'' のなす角が小さいことが必要であるが、現実には必ずしも小さいとは限らない。

② そこで、各点における最も近似したベクトルを探すのであるが、例えば、前記ベクトル B'' を探すとき、単に B' に近いという条件だけで検索すると、点 B の次の点におけるベクトルをとる可能性がある。

③ データ数が有限であるので、点 A が離散データ群の終端付近にあると、次のデータ点（点 A に  $\tau$  を加えた点）がとれない。

④ 脈波及び／又は心電波形が A/D 変換によって 12 ビットの離散データとなるが、これも有限の数であるので、別々のデータ点が同じ値になっている可能性がある。

そこで本発明では、リアプノフ指数計算に用いるデータ点の採用条件の次のように定めている。

すなわち、4 次元空間において、上記軌道上に頂点を置き、かつ、ベクトル B' を中心線とした頂角が小さい円錐を設定して、この円錐内にあるベクトルを採用するようにした。

上記によって、前記ベクトル B'' が非常に小さくて、軌道方向と略同一方向でないかぎり、隣の点のベクトルを取る可能性を回避できる。

また、各ベクトルの軌道に対する角度  $\theta$  は、各データのベクトルを (X, Y, Z, W)、軌道方向のベクトルを (X', Y', Z', W') とすると、

$$\cos \theta = \frac{XX' + YY' + ZZ' + WW'}{\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2 + W^2} \sqrt{X'^2 + Y'^2 + Z'^2 + W'^2}}$$

すなわち、リアプノフ指数  $\lambda_1$  の演算をスタートさせると(51)、まず、前記のベクトル軌道の始端近傍に、データ点の採用条件を判断するための基準となる点 A を設定する(52)。なおこの点 A は計算の進行に伴って先送りされる。

次に、次の点 B ( $\tau$  だけ後の点) をとる余裕があるは否かを判断し(53)、余裕がある場合は(53Y)この点 B を次の点として採用し(54)、この点 B で仮のデータ点を探し(55)、見つかれば(55Y)、次の点から仮のデータ点を探し(56)、見つかなければ離散データの先頭から検索する(57)。

次に、このようにして見つけたデータ点が前述の採用条件に適合していれば(58Y)、このデータ点を採用し(59)、なければ(58N)、データ点採用条件中のベクトルの大きさの範囲を更新し(60)、この範囲の上限を逸脱して

いなければ(61N)、ステップ(55)に戻り、逸脱していると(61Y)、基準点Aを次の点Bに移して(62)、ステップ(53)に戻る。このようにして採用したデータ点は、前述したベクトルA'がベクトルB'に発展する余裕があるか否かを判断し(63)、余裕があれば(63Y)、ベクトルB'の軌道との直交性をチェックする(64)。なお、ステップ(63)で余裕がない場合(63N)及びステップ(64)で直交していない場合(64N)は、ステップ(55)に戻る。

そして、後述のリトライ中であるか否かを判断して(65)、リトライ中であれば(65Y)、前回のベクトルとのなす角を算出して(66)、この角が大きい場合(66L)は、ステップ(55)に戻り、小さい場合(66S)及び前記ステップ(65)でリトライ中でない場合(65N)は、ベクトルB'をベクトルA'から発展したベクトルとして確定する(67)。

そして、リトライのために点AとベクトルA'を記憶させておく(68)。

なお、演算の終末に際し、ステップ(53)で次の点をとる余裕がなければ(53N)、演算を終了させる(E)。

次に、点Bにおける仮のベクトルB"をさがし(70)、このベクトルB"がデータ点採用条件に適合していないければ(71N)、上記条件のベクトルの大きさの範囲を更新し(72)、それでも上限を逸脱していると(73Y)、リトライフラグをセットして(74)、ステップ(55)に戻る。

また、ステップ(73)で上限を逸脱していないければ(73N)、ステップ(70)に戻る。

そして、ステップ(71)でデータ点採用条件に適合したベクトルB"があると(71Y)、このベクトルB"が軌道と直交しているか否かを判断し(75)、直交していないければ(75N)、ステップ(70)に戻り、直交していると(75Y)、点Bにおける各ベクトルB'、B"のなす角度を算出し(76)、この角度が充分に小さいか否か、すなわち、前述の円錐内にB"が入っているか否かを判断し(77)、角度が小さくない場合(77N)は、ステップ(70)に戻り、小さい場合(77Y)は、点Aから点Bに移動したことによるベクトルA'からベクトルB'への伸び率を、2を底とした対数に変換し(78)、この数値を算術平均として第1リアノフ指数λ1とする(79)。

そして、現在計算している点Bが離散データの終端であるか否かを判断し(80)、終端でなければ(80N)、上記の点Bを次回計算の基準点(前記の点Aに相当)に代入し(81)、ベクトルB"を単位ベクトルに変換して次回計算の基準ベクトル(前記のベクトルB'に相当)に代入し(82)、リトライのために点BとベクトルB'を記憶させ(83)、点Bの次の点を算出し(84)、算出された次の点の基準ベクトルから発展したベクトルを算出し(85)、次回計算において用いるベクトルの直交チェック用の座標を更新して(86)、ステップ(70)に戻り、上記の計算を繰返す。

なお、ステップ(80)で点Bが離散データの終端であると

判断されると(80Y)、演算を終了させる(E)。つまり、ステップ(52)～(68)では、主として、次の点におけるベクトルB'を参照してデータ点採用条件に適合する基準点を検索し、ステップ(70)～(77)では同条件に適合する発展したベクトルを検索するようにしており、上記のように、採用するデータ点の採用条件を設定し、この条件に適合したデータ点を検索することによって、不適格なデータ点が計算に算入されることを防止し、しかも、適格なデータ点が見つからない場合は、その点におけるデータ点検索を放棄するのではなく、採用条件のベクトルの大きさの設定範囲を広げて検索して、次善のデータ点を採用するようにしたことで、高い精度で第1リアノフ指數λ1を算出することができる。

次に、第2リアノフ指數λ2の計算について説明する。

第2リアノフ指數λ2の計算も、基本的には前述した第1リアノフ指數λ1の計算と同じであり、点A1においてデータ点採用条件に適合したベクトルA2とA3をとて4次元数空間内に三角形A1-A2-A3を形成し、次に、ベクトルA2とA3とが次の点B1までに発展したベクトルB2とB3とで三角形B1-B2-B3を形成し、更に、点B1で新たにとった適格なベクトルB'とB"とで三角形B1-B'-B"を形成して、三角形B1-B2-B3と三角形B1-B'-B"のなす角度が充分に小さいとき、三角形A1-A2-A3から三角形B1-B2-B3への面積の伸び率を算出し、これを2を底とした対数に変換し、この数値を算術平均することによって第2リアノフ指數λ2を算出する。

なお、各三角形のなす角度は、ベクトルB2とB3の合成ベクトルと、ベクトルB'とB"の合成ベクトルとがなす角度をもって、上記三角形がなす角度とした。

次に、カオスアトラクター及びリアノフ指數と、被験者の状態との対応について説明する。

第8a図は、ある被験者(H氏・男性・健康)がリラックスしている状態での脈波データのカオスアトラクターであり、第8b図は同被験者が読書(雑誌)している状態のものである。

上記両図を比較すると、読書のように、脳内情報処理が活発に行われているときは、カオスアトラクターの図形が縮小する傾向があり、右上-左下方向の幅の縮小は僅かであるが、左上-右下方向の幅の縮小が顕著である。また、カオスアトラクターの右上部分の渦巻状の局所構造がリラックス時に比べて、明らかに密になっている。

第9a図は、別の被験者(K氏・女性・健康)がリラックスしているとき、第9b図は読書(数学のテキスト)、第9c図は読書(マンガの本)しているとき、第9d図はぼんやりと美しい絵を眺めているときの脈波データのカオスアトラクターであり、図形の大きさは、リラックスしているときと美しい絵を眺めているときが小さく、読書しているときが大きくなっている。

しかし、数学のテキストを読んでいるときと、マンガの本を読んでいるときとでは、後者の図形の方が小さく、被験者の興味の有無によって意識集中の程度に差があることがわかる。

上記の2例は、両方とも健康な被験者を対象としたものであり、両方に共通して脳内情報処理が活発になるにしたがって、局所構造が粗→密になり、意識の集中が高くなるにしたがって、図形が縮小することがうかがわれる。

また、図形の大きさの僅かな差異及び細部構造は、個人差が考えられるので、被験者間の比較よりも、同一被験者の状態変化の方がより大きい意味を持っているものと思われる。

また、リアブノフ指数をそれぞれ図面の下部に記載しているが、第1リアブノフ指数 $\lambda_1$ は意識の集中が高くなるにしたがって小さくなり、第2リアブノフ指数 $\lambda_2$ は脳内情報処理が活発になるにしたがって小さくなっている。健康な被験者の場合には、上記のカオスアトラクターから得た結果とよく対応している。

第10a図は神経症の病歴を有するS氏の治療前、第10b図に治療中、第10c図は治療により回復後のリラックス状態におけるカオスアトラクターを示しており、治療前の図形が極端に小さく、回復後は図形が拡大して健康者とほぼ同大となっている。また、渦巻状の局所構造が右上方に移動して図形の端部にラップしており、治療前と回復後の違いが明らかである。

第1リアブノフ指数 $\lambda_1$ は、治療前が小さく、治療中大きくなり、回復後は治療中より小さいが治療前よりも大きくなっている。

なお、上記神経症の治療には森田療法が用いられている。この治療法は、暗黒無音の部屋に患者を一定時間収容し、この間、外界からの刺激を遮断することによって行われるものである。

健康者で得た結論に、上記第1リアブノフ指数 $\lambda_1$ の推移を外挿すれば、意識が過度に集中したために神経症の症状を呈したのではないかとも思われる。

第2リアブノフ指数 $\lambda_2$ は、治療前と治療中は同一水準を保っているが、回復後は小さくなっている。治療前と治療中、脳内情報処理が活発でなかったものが、回復後は脳内情報処理が活発に行われるようになったことを示している。

第11a図は健康者、第11b図は目下不整脈治療中の心疾患患者から、心電計(2)で採取した心電波形データ

のカオスアトラクターであり、両方ともリラックス状態のものである。

両者の図形を比較すると、健康者の図形が結び目から四方にのびた手と、2個のループよりなる輪郭が明瞭な略蝶結び形状であるのに対し、心疾患患者のものは、形状が複雑になり、特に、左上方の構造が乱れている。

参考までに、健康者の第1リアブノフ指数 $\lambda_1$ は $2.9 \pm 0.1$ と小さく、図形の構造とよく対応している。

本実施例では上記のように、脈波センサ(1)と心電計(2)とでそれぞれ採取した被験者の脈波データと心電波形データとから、脈波と心拍のカオスアトラクターと、第1、第2リアブノフ指数 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ を算出してCRTディスプレイ上に表示することにより、被験者の心理状態を含めた心身の状態を診断することが可能であり、特に、一見ランダムに見える上記データから、論理的に秩序を抽出し、同秩序に基づいて、心身の状態を示すカオスアトラクター及びリアブノフ指数を表現することから、診断者の違いによる差異のない、極めて客観的な診断を下すことができる。

なお、前述したカオスアトラクターの収束と、第1、第2リアブノフ指数 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ とがよく対応していることから、本実施例における第1、第2リアブノフ指数 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の演算法が適正であることを立証している。

#### 【図面の簡単な説明】

第1図は本発明に係る診断装置の構成を示す説明図、第2図は脈波センサの構造を示す断面説明図、第3図はフォトセンサの回路図、第4図は脈波及び心電波形データの全体的な処理手順を示す説明図、第5図はメニューの説明図、第6図はカオスアトラクター表示のための演算手順の説明図、第7a図と第7b図とはリアブノフ指数を求める演算処理のフローチャート、第8a図～第10c図は脈波のカオスアトラクター、第11a図及び第11b図は心電波形データのカオスアトラクター、第12図はリアブノフ指数計算の説明図である。

(A) : 診断装置

(1) : 脈波センサ

(2) : 心電計

(5) : 小型コンピュータ (演算手段、記憶手段)

(6) : CRTディスプレイ (表示手段)

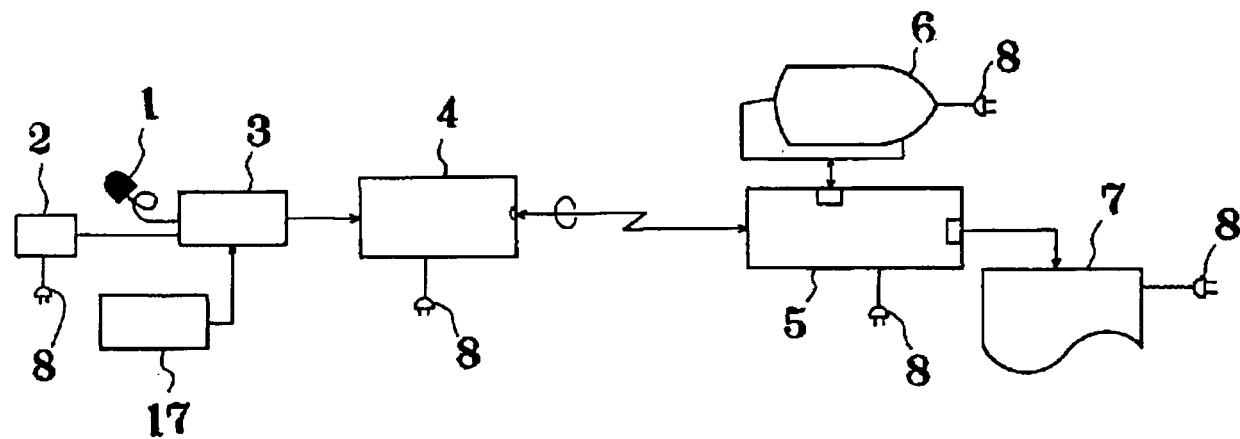
(11) : 指尖部

(14) : フォトセンサ

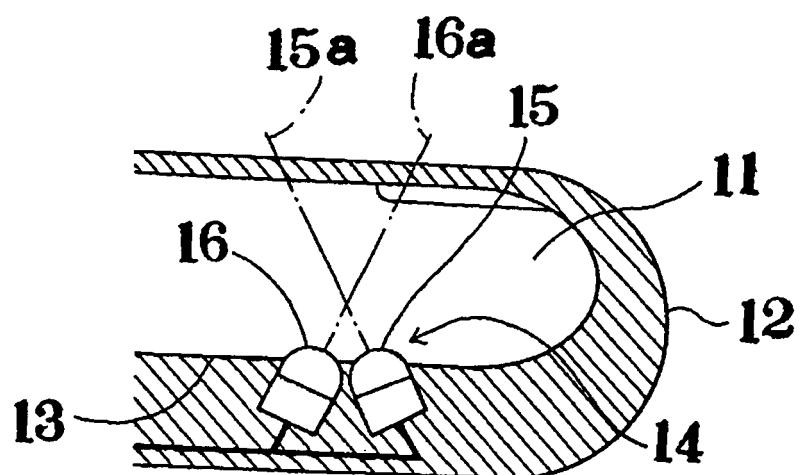
(15) : 赤外線発光ダイオード

(16) : フォトトランジスタ

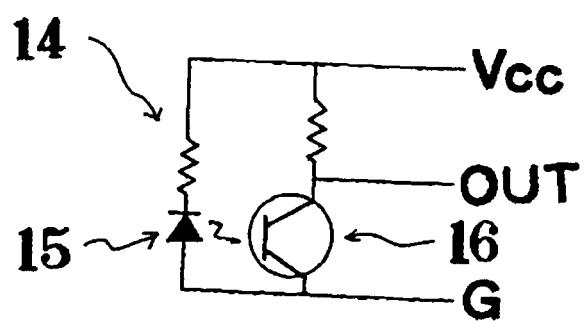
【第1図】



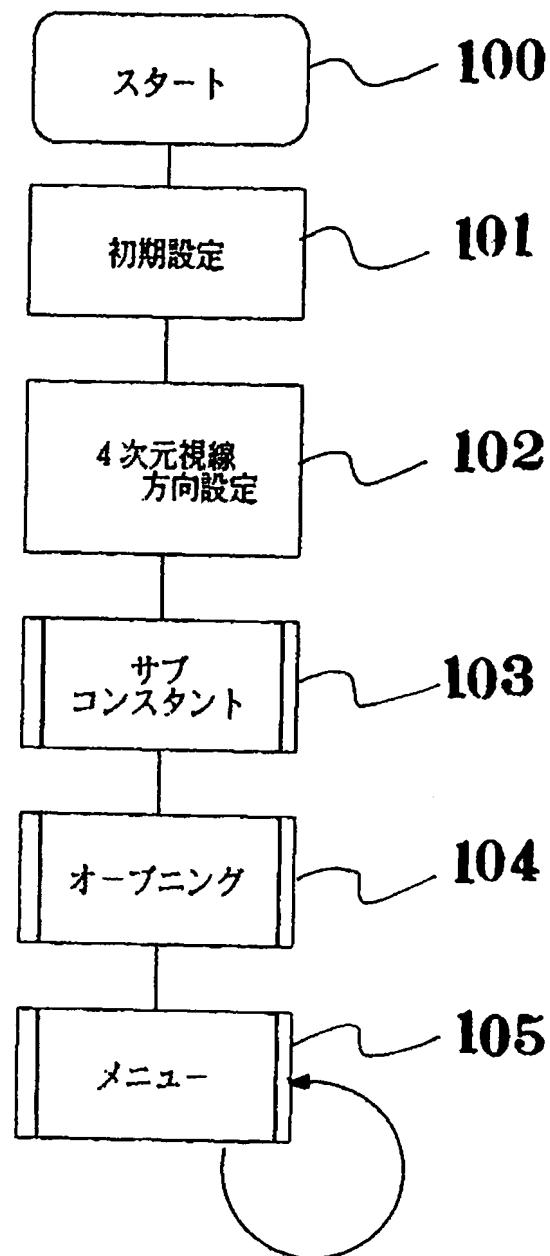
【第2図】



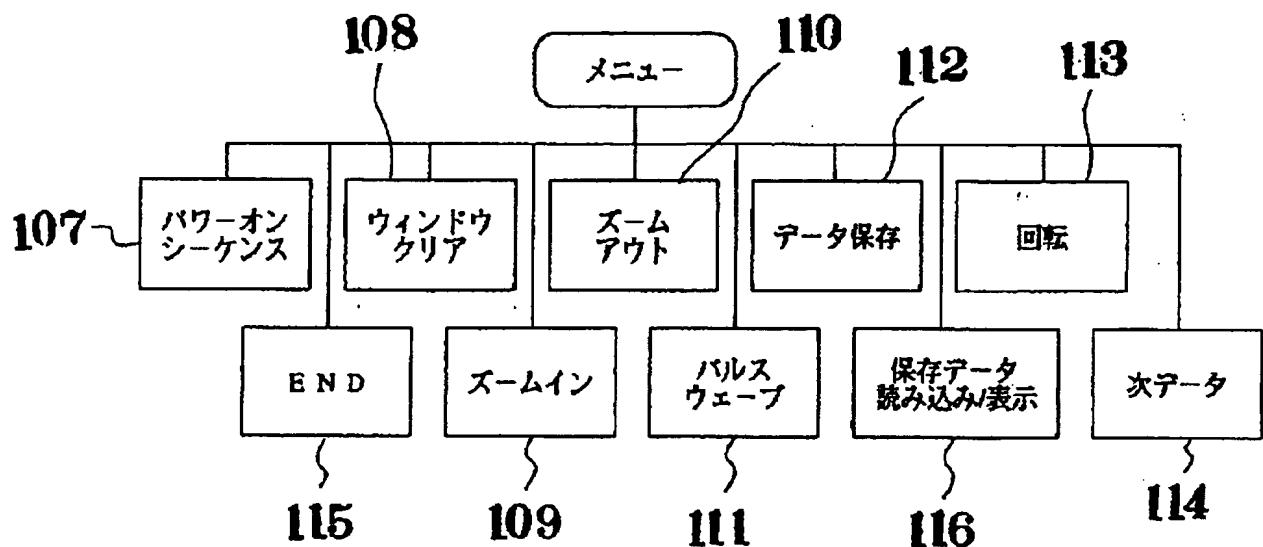
【第3図】



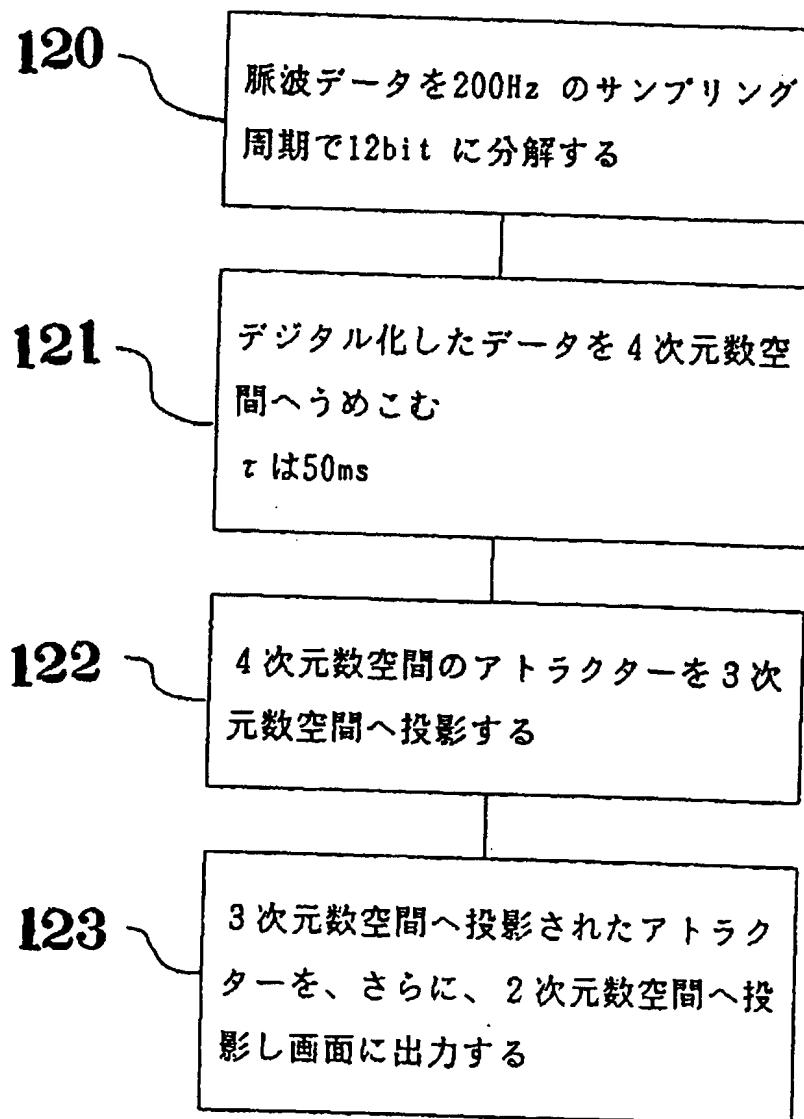
【第4図】



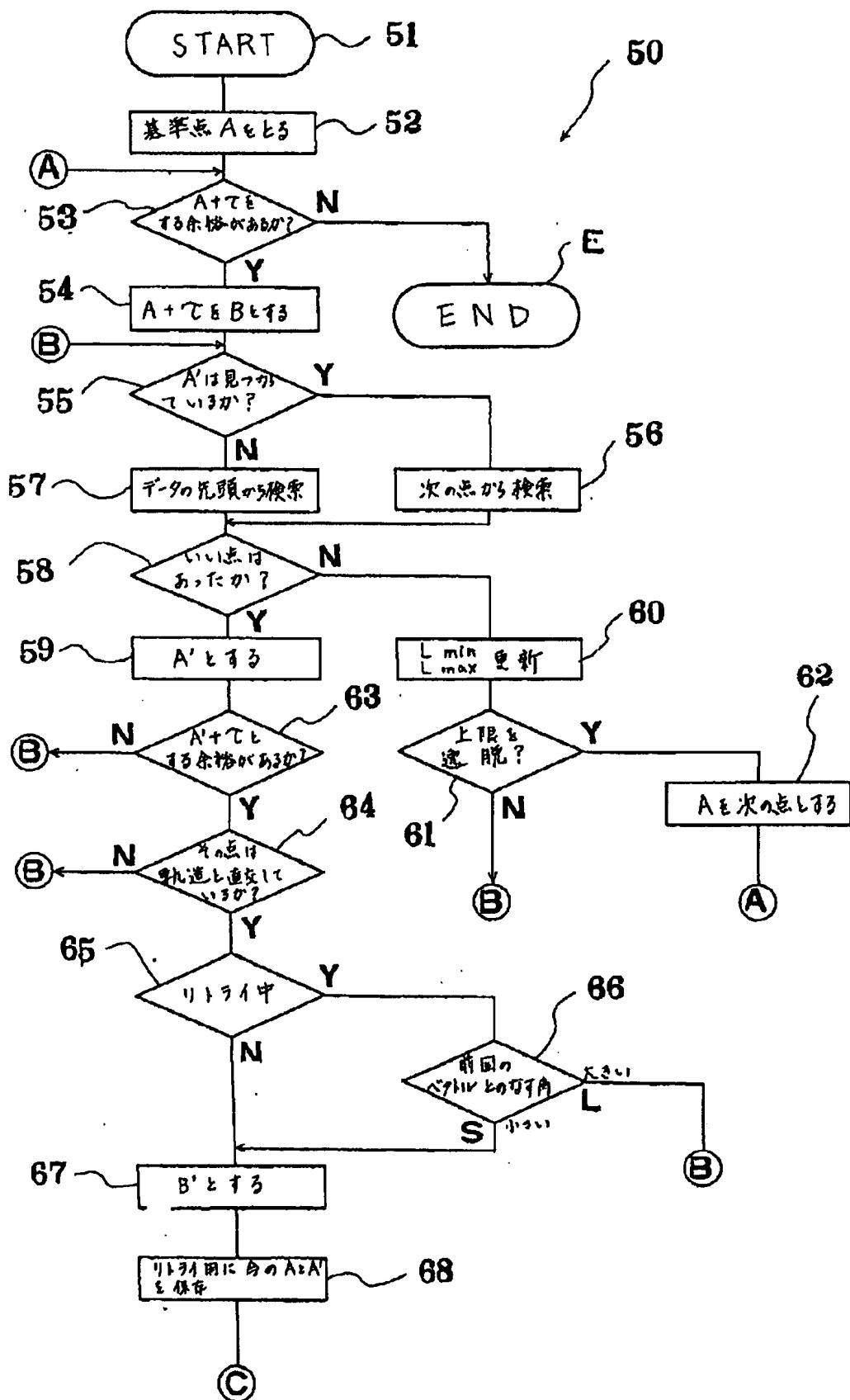
【第5図】



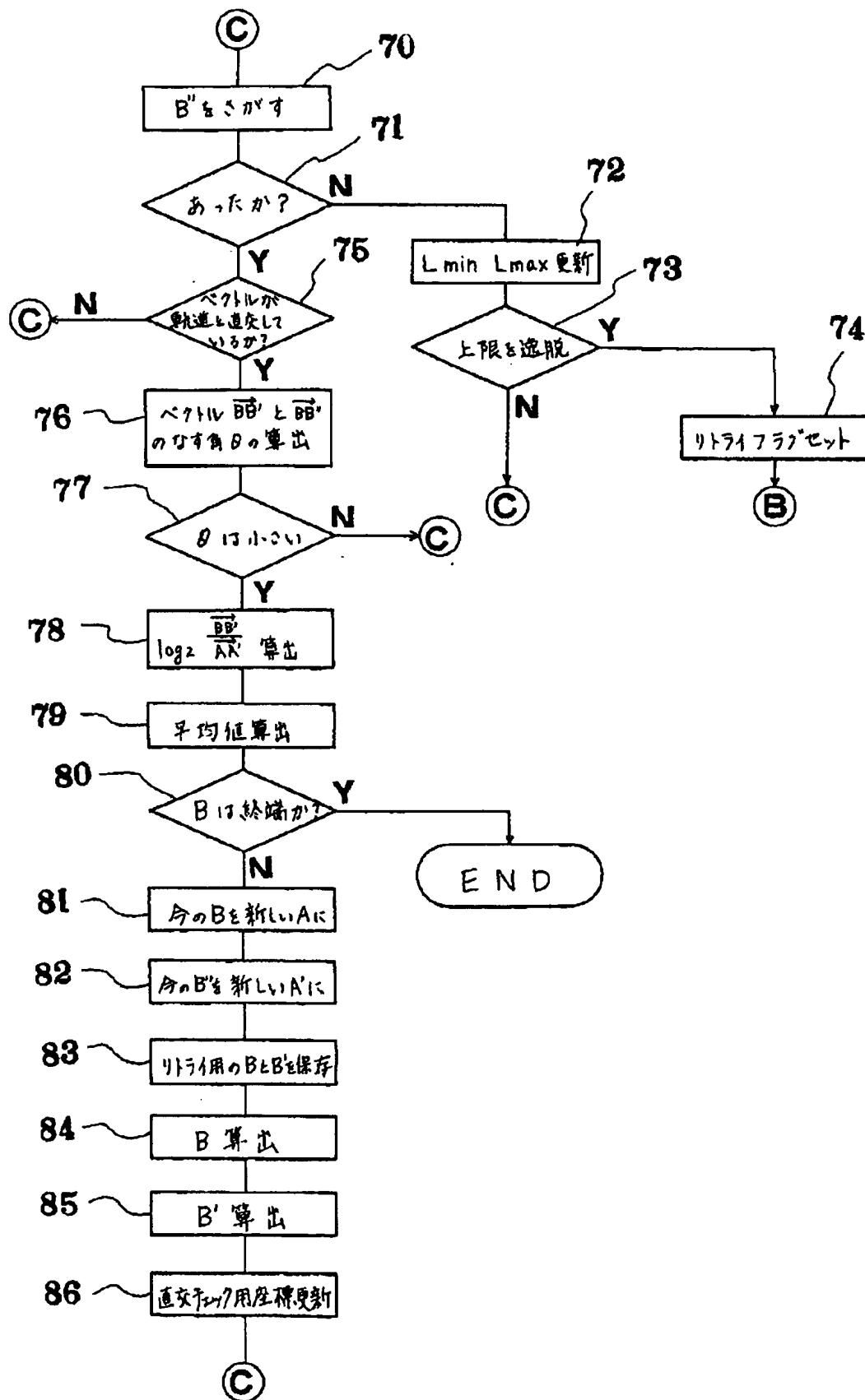
【第6図】



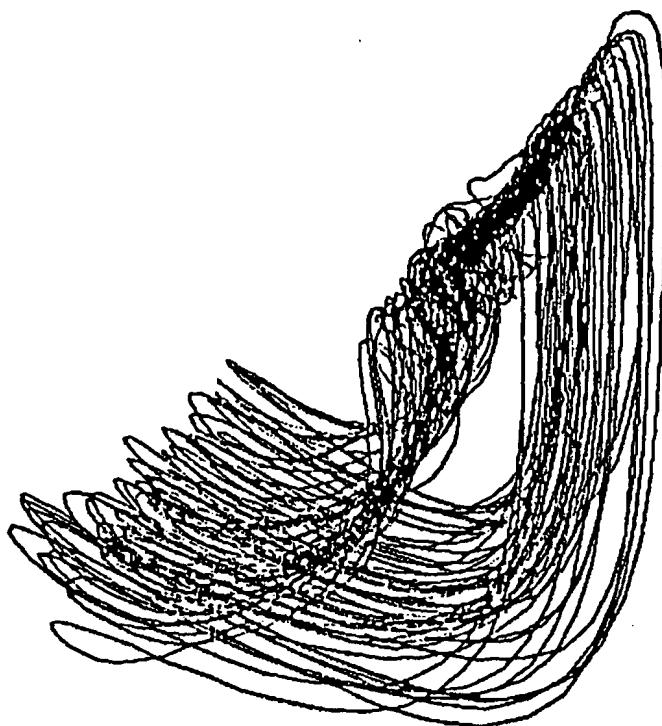
【第7a図】



【第7b図】

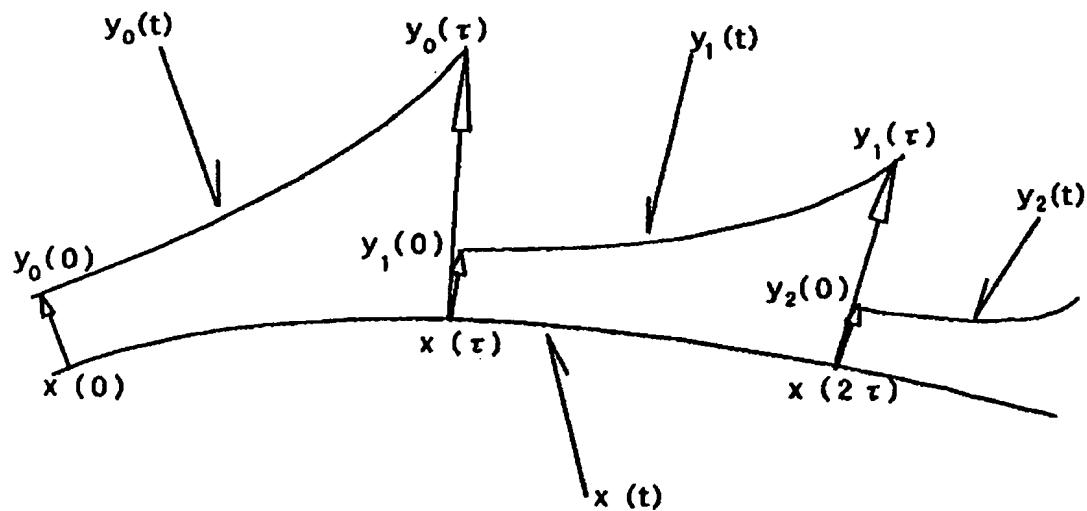


【第8a図】

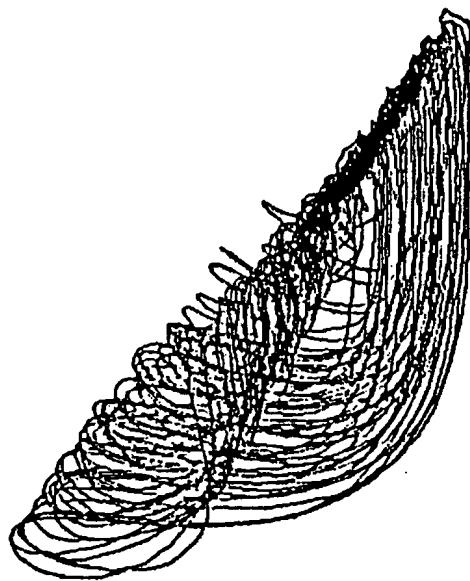


H氏 脈波データ 健康 リラックス  $\lambda_1 = 9.6 \pm 0.2$   $\lambda_2 = 2.7 \pm 0.2$

【第12図】

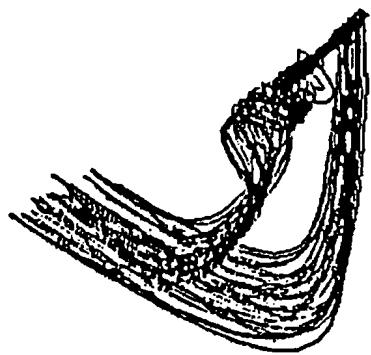


【第8 b図】



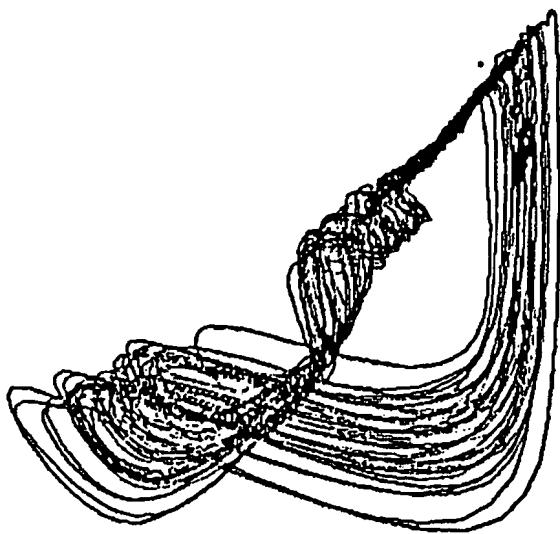
H氏 脈波  $\bar{r} \rightarrow$  健康 読書 (雑誌)  $\lambda_1 = 8.1 \pm 0.1$   $\lambda_2 = 2.3 \pm 0.4$

【第9 a 図】



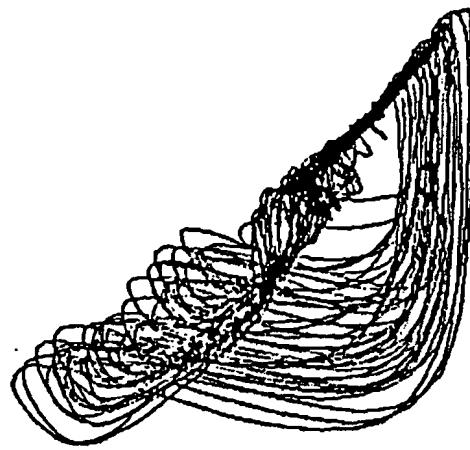
K氏 脈波データ 健康 リラックス  $\lambda_1 = 8.6 \pm 0.5$   $\lambda_2 = 4.4 \pm 0.5$

【第9 b 図】



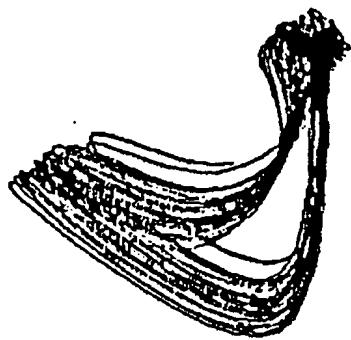
K氏 脈波データ 健康 読書（数学のテキスト）  $\lambda_1 = 7.3 \pm 0.4$   $\lambda_2 = 4.5 \pm 0.4$

【第9c図】



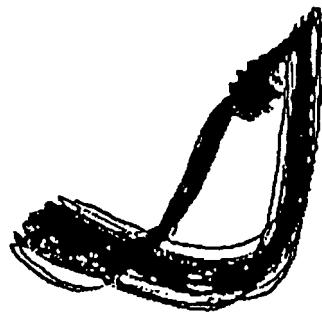
K氏 脈波データ 健康 読書 (マンガの本)  $\lambda_1 = 9.1 \pm 0.2$   $\lambda_2 = 2.9 \pm 0.2$

【第9d図】



K氏 脈波データ 健康 美しい絵を眺めている  $\lambda_1 = 10.8 \pm 0.2$   $\lambda_2 = 3.9 \pm 0.3$

【第10a図】



S氏 脈波テータ 神経症 治療前 (リラックス)

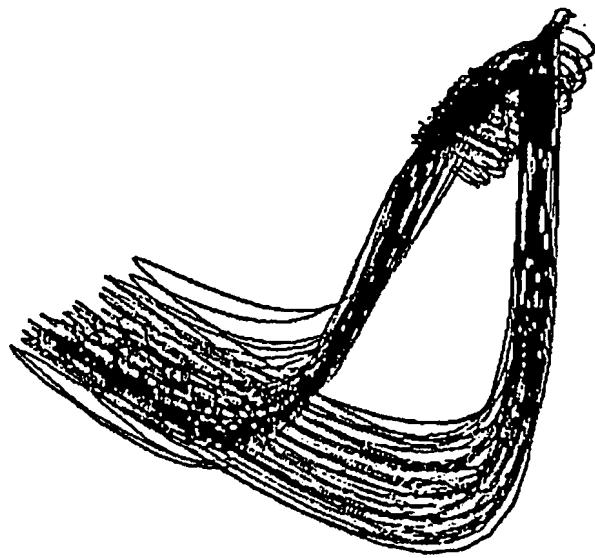
$\lambda_1 = 5.8 \pm 0.1$   $\lambda_2 = 4.5 \pm 0.2$

【第10b図】



S氏 脈波テ' -ト 神経症 治療中 (リラクス)  $\lambda_1 = 10.2 \pm 0.2$   $\lambda_2 = 4.5 \pm 0.4$

【第10c図】



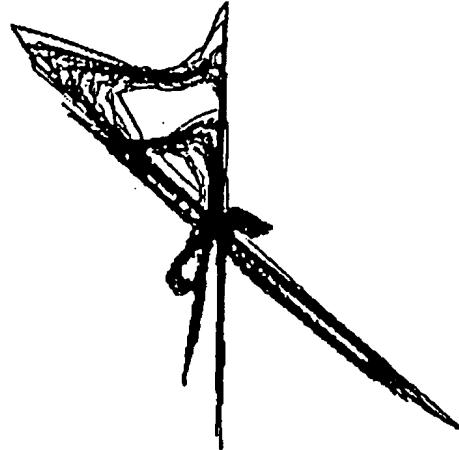
S氏 脈波デ-タ 神経症 治療により回復後  $\lambda_1 = 6.3 \pm 0.3$   $\lambda_2 = 2.8 \pm 0.3$   
(リラックス)

【第11a図】



K氏 心電計データ 健康 リラックス

【第11b図】



T氏 心電計ア-タ 心疾患 不整脈治療中 (リカクス)